

BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-311900

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl.

G02B 26/10

B81B 3/00

G02B 26/08

(21)Application number : 2000-128393

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 27.04.2000

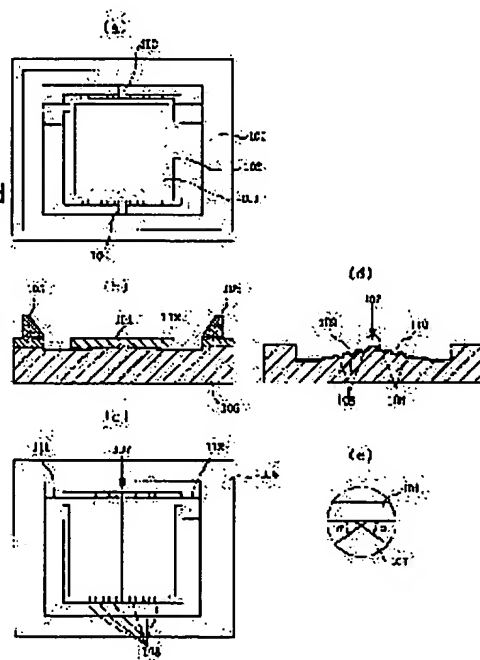
(72)Inventor : SATO YUKITO

## (54) OPTICAL SCANNER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a torsional vibration type optical scanner whose driving voltage is low wherein the deflection angle of a mirror is electrostatically driven even at the time of driving with high frequency, and to provide the manufacturing method of the optical scanner.

**SOLUTION:** In this scanner, a mirror supported by plural beams provided on the same line is reciprocated with the beam as a torsional rotation axis by electrostatic attractive force between the mirror and a counter electrode provided at a position opposed to the mirror. The counter electrode is provided with an inclined surface in non-parallel with the mirror and a groove is formed at least at one part on the inclined surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

# BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-311900  
(P2001-311900A)

(43) 公開日 平成13年11月9日 (2001.11.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 B 26/10	1 0 4	G 0 2 B 26/10	1 0 4 2 H 0 4 1
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	2 H 0 4 5
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-128393 (P2000-128393)

(22) 出願日 平成12年4月27日 (2000.4.27)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 佐藤 幸人

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

Fターム (参考) 2H041 AA12 AB14 AC06 AZ02 AZ03

AZ05 AZ08

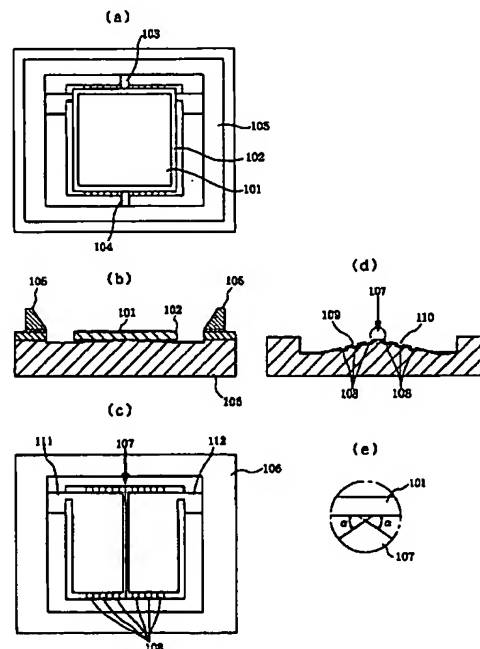
2H045 AB10 AB16 AB73

(54) 【発明の名称】 光走査装置

(57) 【要約】

【課題】 駆動電圧が低く、かつ高周波数での駆動時にもミラーの振れ角が静電駆動のねじり振動型光走査装置およびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 本発明に係る光走査装置は、同一直線上に設けられた複数の梁で支持されたミラーと、該ミラーに対向する位置に設けた対向電極との間に静電引力によって前記梁をねじり回転軸として前記ミラーを往復振動させる光走査装置において、前記対向電極は、前記ミラーと平行でない傾斜面を設け該傾斜面上の少なくとも一部に、溝を形成したことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一直線上に設けられた複数の梁で支持されたミラー基板と、該ミラー基板に対向する位置に設けた対向電極との間に静電引力によって前記梁をねじり回転軸として前記ミラー基板を往復振動させる光走査装置において、

前記対向電極は、前記ミラー基板のミラー面と平行でない傾斜面を設け、該傾斜面上および／または前記ミラー基板のミラー面と反対の面の少なくとも一部に、溝を形成したことを特徴とする光走査装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光走査装置において、前記溝は、前記対向電極の傾斜方向に沿って形成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項3】 前記溝は、ミラー基板のミラー面と反対の面に形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の光走査装置。

【請求項4】 請求項3に記載の光走査装置において、前記対向電極の傾斜方向に略平行して前記溝が形成されていることを特徴とする光走査装置。

【請求項5】 前記対向電極の傾斜角と、ねじり振動するミラー部の振れ角とが略同一であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光走査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロマシニング技術を応用した微小光学系を有する光走査装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】IBM J.Res.Develop Vol.24 (1980) には、光走査装置（静電駆動のねじり振動型光走査装置）が掲載されている。この光走査装置は、同一直線上の2本の梁で支持されたミラーが設けられ、このミラーと該ミラーに対向する位置に設けた電極との間で、静電引力により、前記2本の梁をねじり回転軸として往復振動させている。この光走査装置は、従来のモーターを使ったポリゴンミラーの回転による光走査装置と比較して構造が簡単であり、また、この光走査装置はマイクロマシニング技術を用いて半導体プロセスにより一括形成が可能である。このため、小型化が容易であり、製造コストも低く、しかも単一の反射面を有するため面精度によるばらつきがなく、さらに往復走査であるため、高速化にも対応できる等の効果が期待できる。このような前記静電駆動のねじり振動型光走査装置では、駆動電圧を下げるために、ミラーとミラーを駆動する電極間の距離を小さくすると、駆動によるミラーの振れ角が小さくなってしまふといった欠点があった。このため、ミラーの振れ角を変えずに駆動電圧を下げるために、たとえばThe 13th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 645-650 に記載されているような、対向電極をミラーの振れの中心位置から傾斜させて設置する方法が知られて

いる。また、このような静電駆動のねじり振動型光走査装置では、ミラーと電極間の距離を小さく設定した場合、ミラーを高速駆動すると、ミラーと電極との間の空気の粘性が影響して、高周波数でのミラーの振れ角が小さくなっていくといった問題点がある。これを防止するために、たとえば特開平11-14933号公報に開示されるような電極部にスリット状の溝を形成する方法も知られている。

## 【0003】

- 10 【発明が解決しようとする課題】このような静電駆動のねじり振動型光走査装置において、対向電極をミラーの振れの中心位置から傾斜させて設置すると、実質的に対向電極とミラーの距離は小さくなる。これによってミラーを高速駆動すると、ミラーと電極間の空気の粘性の影響により高周波数でのミラーの振れ角が小さくなる。それを防止するために、電極部にスリット状の溝を形成すると、溝の形成方向がねじり梁と平行方向であるため、振動の際に空気の流れに乱れが発生し、振れ角が低下するのを効果的に防止することができなかった。本発明は、このような従来技術における問題点を解決し、駆動電圧が低く、かつ高周波数での駆動時にもミラーの振れ角が静電駆動のねじり振動型光走査装置を提供することを目的とする。

## 【0004】

- 【課題を解決するための手段】請求項1の光走査装置は同一直線上に設けられた複数の梁で支持されたミラー基板と、該ミラー基板に対向する位置に設けた対向電極との間に静電引力によって前記梁をねじり回転軸として前記ミラー基板を往復振動させる光走査装置において、前記対向電極は、前記ミラー基板のミラー面と平行でない傾斜面を設け、該傾斜面上および／または前記ミラー基板のミラー面と反対の面の少なくとも一部に、溝を形成したことを特徴とする。請求項2に記載の光走査装置は、請求項1に記載の光走査装置において、前記溝は、前記対向電極の傾斜方向に沿って形成されていることを特徴とする。請求項3に記載の光走査装置の発明は、請求項1または2において、前記溝が、ミラー基板のミラー面と反対の面に形成されていることを特徴とする。請求項4に記載の光走査装置の発明は、請求項3に記載の光走査装置において、前記対向電極の傾斜方向に略平行して前記溝が形成されていることを特徴とする。請求項5に記載の光走査装置の発明は、請求項1～4のいずれか1項に記載の光走査装置において、前記対向電極の傾斜角と、ねじり振動するミラー部の振れ角とが略同一であることを特徴とする。

## 【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、実施形態により本発明の構成、動作等を説明する。

## 第1実施形態

- 50 図1に第1の実施形態における光走査装置を示す。図1

(a)は、光走査装置全体の正面図であり、図1(b)は、駆動電極を含んだ断面図であり、図1(c)は、電極基板の正面図である。また、図1(d)に、駆動電極部の形状を拡大して示し、図1(e)に、尾根の頂上付近の拡大図を示す。ミラー101が形成されたミラー基板102は2本のねじり梁103、104で支持され、フレーム105に固定されている。電極基板106はミラーの振れの中心位置の下を尾根の頂上107として、ミラーの振れ方向に振れ角と(略)等しい角度で傾斜しており、傾斜面には複数の溝108が傾斜と略直交方向に形成されている。また、それぞれの傾斜面には駆動電極109、110が形成されており、そこから、電極パッド111、112が引き出されている。2本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加することで、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、電極基板の尾根位置に最も近いところで最小の0.1 $\mu$ m(ミクロンメートル)、そこから最も離れた位置で最大の1.0 $\mu$ mとすることで、全体が1.0 $\mu$ m離れた平行電極の場合よりも小さな電圧でミラーを駆動することができた。また、傾斜面に溝が形成されていない場合よりも高い周波数まで変位の低下が見られなかった。なお図1(e)に、ミラー振れ角を $\alpha$ で示す。

【0006】<第1実施形態の製造方法>次に、本発明の光走査装置の第1実施形態の製造方法を図2を用いて説明する。まず、ミラー基板の製造方法を説明する。両面にSiO<sub>2</sub>膜201(たとえば厚さ1.5 $\mu$ m)が形成されている両面研磨されたシリコン基板202(たとえば厚さ200 $\mu$ m)を、両面研磨されたシリコン基板203(たとえば厚さ200 $\mu$ m)に、直接接合する(図2(a)参照)。このときシリコン基板203はシリコン基板202の外周から一定距離はみ出るように設定した(たとえば約1mm程度)。このはみ出し部は、後にガラス電極基板との陽極接合の際に、電極ブローブをたてるためのものである。次に、SiO<sub>2</sub>膜の形成されていないシリコン基板203を厚さ80 $\mu$ mまでCMP(Chemical Mechanical Polish)で高精度に研磨した(図2(b)参照)。このときの厚さがミラー基板の厚さとなる。次に、シリコン基板202上のSiO<sub>2</sub>膜201をレジストマスクでフッ酸でエッチングすることにより、フレーム形状にパターニングした(図2(c)参照)。次に、シリコン基板202をSiO<sub>2</sub>マスクで接合界面のSiO<sub>2</sub>が現れるまでKOH水溶液で異方性エッチングした(図2(d)参照)。このとき、シリコン基板の端面と裏面はエッチング液に触れないように耐アルカリ性のワックスを用いて保護しておいた。なお、ここでは異方性エッチング液としてKOH溶液を用いたが、シリコンとSiO<sub>2</sub>のエッチング選択比が十分大きい他の異方性エッチング液、たとえばTMAH(テ

トラメチルアンモニウムヒドロキシド)、ヒドラジン等を使用してもよい。また、ここではSiO<sub>2</sub>を異方性エッチング時のマスク材料として使用しているが、シリコンのエッチング液を用いてこのエッチング液でエッチングされない他の薄膜材料、たとえばSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜、SiN/SiO<sub>2</sub>の二層膜等を異方性エッチングのマスク材として、使用してもよい。次に、エッチングマスクとして使用したSiO<sub>2</sub>膜をフッ酸でエッチング除去した(図2(e)参照)。このようにして形成されたシリコン平坦面にレーザーの反射材料としてAlをマスクスパッタ法で形成した(図2(f)参照)。なお、ここでは金属薄膜としてAlを用いスパッタ法により成膜したが、使用するレーザー光に対し必要十分な反射率が得られる金属薄膜ならば他の材料も選択可能であり(たとえばAu、Cu、Pt等)、成膜法もスパッタ法に限らず真空蒸着法等も利用できる。

【0007】次に、レジストをマスクとしてドライエッチングでシリコン平坦面を貫通することにより、梁とミラー基板を形成した(図2(g)参照)。次に電極基板の製造方法を説明する。まず、厚さ1mmのほう珪酸ガラス基板205上に厚さ1.5 $\mu$ mのレジスト206を塗布した(図2(h)参照)。次に、開口率に分布をもたせたフォトマスクを使用することにより、レジストの露光深さに分布をもたせた。このとき電極形状が傾斜するように分布形状を設計した。このレジストを現像することで、電極形状を反映したレジスト形状を形成した(図2(i)参照)。このレジストをマスクとしてガラス基板204をドライエッチングすることで、レジストとガラス基板のエッチング選択比に応じて、レジスト形状がガラス基板に転写された(図2(j)参照)。次いで、ガラス基板表面に形成したレジストをパターニングし、それをマスクとして傾斜部のガラスを深さ0.5 $\mu$ mドライエッチングすることにより溝を形成した(図2(k)参照)。レジストを除去したあと、電極としてAu/Tiの2層膜207をマスクスパッタ法で形成した(図2(l)参照)。このようにして作製したミラー基板と電極基板を、陽極接合により接合した(図2(m)参照)。陽極接合はガラス基板とシリコン基板を400~500℃に加熱しながら数百Vの電圧を両基板間に印加することによって直接接合する方法である。本方法は接着剤等の介在なしに両基板を接合できるため、光走査装置組み立て後の微小な電極間距離を正確に規定することができる。

【0008】<第2実施形態>図3に第2の実施形態における光走査装置の電極基板の正面図を示した。電極基板301はミラーの振れの中心位置の下を尾根の頂上302として、ミラーの振れ方向に振れ角と等しい角度で傾斜しており、傾斜面には複数の溝303が傾斜方向に沿って形成されている。また、それぞれの傾斜面には駆動電極304、305が形成されており、そこから電極パッド306、307が引き出されている。ミラー基板の構成は図1

(a)、(b)に示した第1の実施形態における光走査装置と略同一であり、ミラーが形成されたミラー基板が2本のねじり梁で支持され、フレームに固定されている。2本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加することによって、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、最も近いところ（電極基板の尾根位置）で最小の0.1μm、最も離れた位置で最大の1.0μmとした。これによって、全体が1.0μm離れた平行電極の場合よりも小さな電圧で、ミラーを駆動することができた。また、本発明によって、傾斜面に溝が形成されていない場合に比較して高い周波数まで、変位の低下が見られなかった。さらに、傾斜面に対して直交方向に溝が形成されている場合よりもミラーの動作が安定しており、光軸のぶれが小さかった。

<第3実施形態>図4に、第3の実施形態における光走査装置の駆動電極を含んだ断面図を示す。ミラー401が形成されたミラー基板402は2本のねじり梁（図示せず）によって支持され、フレーム403に固定されている。ミラー基板裏面には複数の溝404が、ねじり梁と平行方向に形成されている。電極基板405はミラーの振れの中心位置の下を尾根の頂上406として、ミラーの振れ方向に振れ角と等しい角度で傾斜している。また、それぞれの傾斜面には駆動電極407、408が形成されており、そこから電極パッド409、410が引き出されている。2本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加すると、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、電極基板の尾根位置に最も近いところで最小の0.1μm、そこから最も離れた位置で最大の1.0μmとすることで、全体が1.0μm離れた平行電極の場合よりも小さな電圧でミラーを駆動することができた。また、ミラー基板裏面に溝が形成されていない場合よりも数kHzの高周波数まで変位の低下が見られなかった。

【0009】<第4実施形態>図6に第4の実施形態における光走査装置の駆動電極を含んだ断面図を示す。ミラー601が形成されたミラー基板602は2本のねじり梁（図示せず）で支持され、フレーム603に固定されている。ミラー基板裏面には複数の溝604がねじり梁と直交方向に形成されている。電極基板605はミラーの振れの中心位置の下を尾根の頂上606としてミラーの振れ方向に振れ角と等しい角度で傾斜している。また、それぞれの傾斜面には駆動電極607、608が形成されており、そこからは電極パッド609、610が引き出されている。2

本のねじり梁で支持されたミラー基板を共通の電極として、ミラー基板裏面の対向する位置にギャップを隔てて設けた2つの電極に交互に電圧を印加することで、ミラー基板と駆動電極間に静電引力が発生し、ミラーを往復振動させることができた。このとき、傾斜した駆動電極と共通電極であるミラー基板裏面との距離を、電極基板の尾根位置に最も近いところで最小の0.1μm、そこから最も離れた位置で最大の1.0μmとすることで、全体が1.0μm離れた平行電極の場合よりも小さな電圧でミラーを駆動することができた。また、ミラー基板裏面に溝が形成されていない場合よりも高い周波数まで変位の低下が見られなかった。さらに、ねじり梁に平行方向に溝が形成されている場合よりもミラーの動作が安定しており、光軸のぶれが小さかった。

【0010】<第4実施形態の製造方法>本発明の光走査装置の他の製造方法を図5を用いて説明する。本製造方法は、前記した第1実施形態の製造方法と、ミラー面を形成するミラー基板の裏面に溝を形成する以外は、前記と同様にして光走査装置を形成する。すなわち、両面に厚さ1.5μmのSiO<sub>2</sub>膜501が形成されている厚さ200μmの両面研磨されたシリコン基板502を、厚さ200μmの両面研磨されたシリコン基板503に直接接合する（図5(a)参照）。このときシリコン基板503はシリコン基板502の外周から約1mmだけはみ出るようにした。このはみ出し部は、後のガラス電極基板との陽極接合の際に電極ブローをたてるためのものである。次に、SiO<sub>2</sub>膜の形成されていないシリコン基板503を厚さ80μmまでCMP (Chemical Mechanical Polishing)で高精度に研磨し、研磨面にレジストをマスクとしてドライエッチングにより深さ0.5μmの溝を形成した（図5(b)参照）。このときの厚さがミラー基板の厚さとなる。次に、シリコン基板502上のSiO<sub>2</sub>膜501をレジストマスクでふっ酸でエッチングすることにより、フレーム形状にパターニングした（図5(c)参照）。次に、シリコン基板502をSiO<sub>2</sub>マスクで接合界面のSiO<sub>2</sub>が現れるまでKOH水溶液で異方性エッチングした（図5(d)参照）。このとき、シリコン基板の端面と裏面はエッチング液に触れないように耐アルカリ性のワックスで保護しておいた。なお、ここでは異方性エッチング液としてKOH溶液を用いたが、シリコンとSiO<sub>2</sub>のエッチング選択比が十分大きい他の異方性エッチング液、たとえばTMAH、ヒドラジン等を使用してもよい。また、ここではSiO<sub>2</sub>を異方性エッチング時のマスク材料として使用しているが、シリコンのエッチング液にエッチングされない他の薄膜材料、たとえばSiN膜、SiN/SiO<sub>2</sub>二層膜等を使用してもよい。次に、エッチングマスクとして使用したSiO<sub>2</sub>膜をフッ酸でエッチング除去した（図5(e)参照）。このようにして形成されたシリコン平坦面にレーザーの反射材料としてAlをマスキングパッタ法で形成した（図5(f)参照）。なお、ここでは金

7

屈薄膜としてA1をスパッタ法により成膜したが、使用するレーザー光に対し必要十分な反射率が得られる金属薄膜ならばAu等の他の材料も選択可能であり、成膜法もスパッタ法に限らず真空蒸着法等も利用できる。次に、レジストをマスクとしてドライエッチングでシリコン平坦面を貫通することにより、梁とミラー基板を形成した(図5(g)参照)。

【 0 0 1 1 】 次 に電極基板の製造方法を説明する。まず、厚さ1mm のほう珪酸ガラス基板505 上に厚さ1.5μm のレジスト506 を塗布した(図5 (h)参照)。次に、開口率に分布をもたせたフォトマスクを使用することにより、レジストの露光深さに分布をもたせた。このとき電極形状が傾斜するように分布形状を設計した。このレジストを現像することで、電極形状を反映したレジスト形状を形成した(図5 (i)参照)。このレジストをマスクとしてガラス基板504 をドライエッチングすることで、レジストとガラスのエッチング選択比に応じて、レジスト形状がガラス基板に転写された(図5 (j)参照)。レジストを除去したあと、電極としてAu/Ti の2層膜507 をマスクスバッタ法で形成した(図5 (k)参照)。このようにして作製したミラー基板と電極基板を陽極接合により接合した(図5 (l)参照)。陽極接合はガラス基板とシリコン基板を400 ~ 500 °C に加熱しながら数百V の電圧を両基板間に印加することで直接接合する方法である。本方法は接着剤等の介在物なしに両基板を接合できるため、光走査装置組み立て後の微小な電極間距離を正確に規定することができる。なお前記した本発明の実施形態中の数値およびCMP に使用されたTMAH などの異方性研磨のための薬品等は単なる例示であり、本発明の趣旨を変更しない範囲で適宜変更して使用される。

【0012】

【発明の効果】本発明の請求項１の、同一直線上に設けられた２本の梁で支持されたミラーを、ミラーに対向する位置に設けた電極と間の静電引力で、２本の梁をねじり回転軸として往復振動させる光走査装置において、前記対向電極は、前記ミラー基板のミラー面と平行でない傾斜面を設け、該傾斜面上および／または前記ミラー基板のミラー面と反対の面の少なくとも一部に凹型形状（溝）が形成されている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているため、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げることができるばかりでなく、対向電極とミラーの距離が小さくなくても、電極に形成された溝が空気粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができる。本発明の請求項２の、請求項１に記載の光走査装置において、凹型形状が対向電極の傾斜方向に沿って形成されている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているため、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げるができるばかりでなく、対向電極とミラ

8

一の距離が小さくなくても、電極に形成された溝が空気の粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができ、さらに振動時のギャップにおける空気の流れに乱れが少ないためより効果的に変位の低下を防止することができ、ミラーの動作を安定させ、光軸のぶれを小さくすることができる。本発明の請求項3の、同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラーを、ミラーに対向する位置に設けた電極との間の静電引力で、2本の梁をねじり回転軸として往復振動させる光走査装置において、対向電極がミラーと平行でない傾斜面であって、ミラー裏面に凹型形状（溝）が形成されている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているので、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げるができるばかりでなく、対向電極とミラーの距離が小さくなくても、ミラー裏面に形成された溝が空気の粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができる。さらにミラーの剛性を維持したままその質量を小さくすることができるので、ミラーを高速動作できるようにする。

【0013】本発明の請求項4の、請求項3に記載の光走査装置において、凹型形状が対向電極の傾斜方向に沿って形成されている光走査装置では、光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらないように対向電極とミラーの距離が小さくなっているのに、光走査角を維持したまま駆動電圧を下げることができるばかりでなく、対向電極とミラーの距離が小さくなくても、電極に形成された溝が空気の粘性の影響を緩和するため、高周波数までミラーの振れ角を維持することができ、さらに振動時のギャップにおける空気の流れに乱れが少ないためより効果的に変位の低下を防止することができ、ミラーの動作を安定させ、光軸のぶれを小さくすることができる。さらにミラーの剛性を維持したままその質量を小さくすることができるので、ミラーを高速動作できるようにする。本発明の請求項5の、請求項1、2、3、4に記載の光走査装置において、対向電極の傾斜角とねじり振動するミラー部の振れ角が等しくなっている光走査装置では、ミラーの振れ角が変わらない範囲で、対向電極とミラーの距離が最も小さくなっているのに、光走査角を維持したまま駆動電圧を最も小さい電圧まで下げることができる。本発明に係る光走査装置は、ミラー基板のミラー面と反対面および／またはミラー基板と対向する対向電極の傾斜面上に、溝を前記したように、傾斜面と平行にあるいは傾斜面に沿って形成するため、前記したような効果を得ることができる。なおミラー基板のミラー面と反対面に溝を形成する場合には、対向電極の傾斜面に沿って形成したり、あるいは対向電極の傾斜面に略平行に溝を設けることができ、また、それ以外の方向に設けることもできる。このような本発明に係る光走査装置は、デジタル複写機、及びレーザプリンタ等の書込系に用いら

れる光走査装置、あるいは、バーコードリーダー等の読み取り装置に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光走査装置の第1実施形態を示す図である。

【図2】本発明に係る光走査装置の第1実施形態の製造方法を示す図である。

【図3】本発明に係る光走査装置の第2実施形態を示す図である。

【図4】本発明に係る光走査装置の第3実施形態を示す図である。

【図5】本発明に係る光走査装置の第4実施形態を示す図である。

【図6】本発明に係る光走査装置の第4実施形態の製造方法を示す図である。

【符号の説明】

101、401、601 ミラー

\*

102、402、602 ミラー基板

103、104 ねじり梁

105、403、603 フレーム

106、301、405、605 電極基板

107、302、406、606 電極基板の尾根の頂上

108、303、404、604 溝

109、110、304、305、407、408、607、608 駆動電極

111、112、306、307、409、410、609、610 電極パッド

201、501 エッチングマスク ( $\text{SiO}_2$ )

202、203、502、503 半導体基板

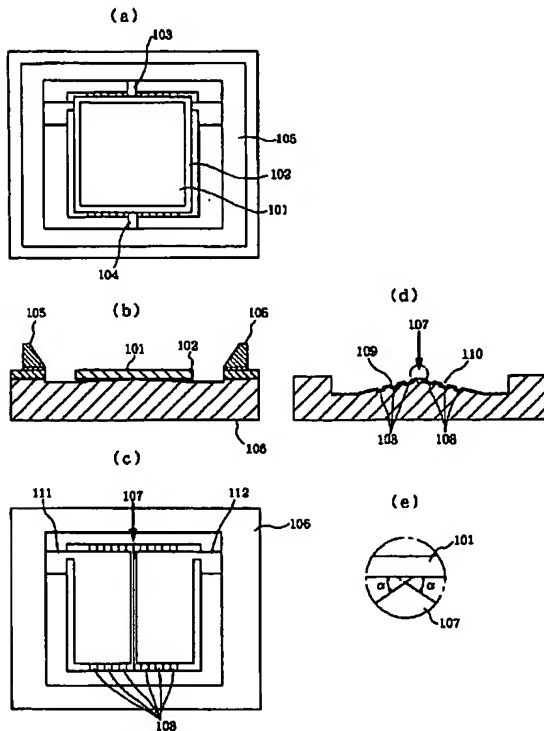
204、504

205、505 ガラス基板

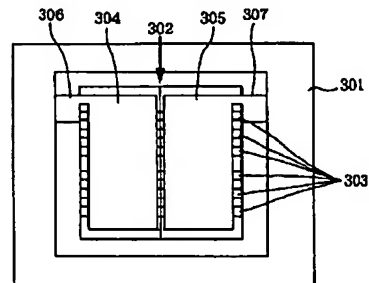
206、506 レジスト

207、507 電極層膜

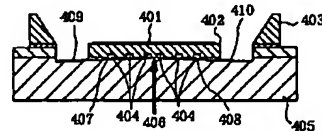
【図1】



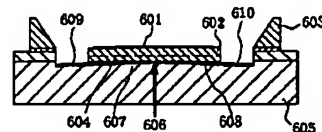
【図3】



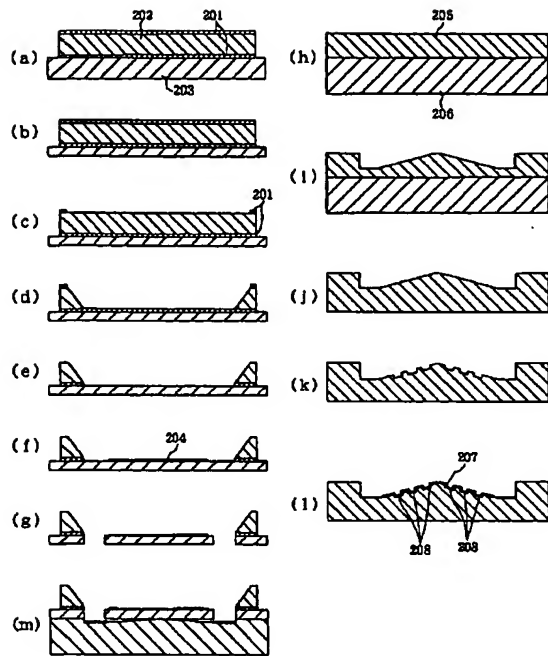
【図4】



【図6】



【図2】



【図5】

